

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DE 00/2164

4

(101)



241

10-03071

REC'D 24 OCT 2000

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 31 366.0

Anmeldetag: 07. Juli 1999

Anmelder/Inhaber: T.E.M.! GmbH, Hausen/DE

Bezeichnung: Flache Baugruppe zur elektrischen Erzeugung
eines Plasmas in Luft

IPC: H 05 H, C 01 B, H 01 T

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Oktober 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Weihmayer

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

07.07.00

4

Offenbarung der Erfindung

Seit etwa 100 Jahren ist die Produktion von Ozon durch Herstellung eines Plasmas nach dem Prinzip der dielektrisch behinderten Entladung bekannt:

In Anlagen zur oxidativen Behandlung von Luft zum Zwecke der Geruchsbekämpfung und der Abtötung luftgetragener Keime wird insbesondere die sogenannte Siemens-Röhre eingesetzt.

Dabei wird angestrebt, oxidierbare Luftbestandteile durch die Behandlung der Luft mit Sauerstoff-Ionen und mit Ozon (O_3 und O_1) zu zerstören.

Die Siemens-Röhre ist wie in Fig. 1 aufgebaut:

Ein röhrenförmiger Glaskörper (2), - vorzugsweise aus Bor-O-Silikat oder aus Quarzglas-, ist innen mit einer Elektrode (3) ausgekleidet.

Die aus leitfähigem Material bestehende Elektrode liegt eng und möglichst ohne Luftspalt an der inneren Glasoberfläche an.

Die äußere Hülle der Röhre bildet ein ebenfalls enganliegendes Netz aus z.B. Stahlgewebe, welches die äußere Elektrode (1) darstellt..

Wird eine hohe Wechselspannung von z.B. 3-6KV an die innere und die äußere Elektrode angelegt, kommt es zu elektrischen Entladungserscheinungen.

Dabei werden Ionen und Ozon (O_1 , O_3) erzeugt.

Aus der europ. Patentanmeldung PCT/EP 97/06925 ist ein nach dem gleichen physikalischen Prinzip aufgebautes flaches Modul bekannt, bei dem eine Elektrode zwischen zwei Glasplatten eingeschlossen ist. Ein Metall-Gitter, bzw. Metallnetz bedeckt die äußereren, der Luft zugänglichen Glasflächen und bildet die äußere Elektrode.

Die hohe Wechselspannung wird an die äußere und innere Elektrode angeschlossen, wobei erfindungsgemäß das Erdpotential stets außen ist, bzw. an jener Seite, welche berührt werden könnte.

Nachteilig bei dieser Konstruktion als auch bei der bekannten Siemens-Röhre ist der relativ große und kostenintensive Aufbau, weil die äußere und die inneren Elektrode fest und ohne Abstände auf Glasdielektrikum aufliegen muß.

Eine industrielle, kostengünstige Fertigung dieser Module ist schwierig oder unmöglich.

Außerdem lässt die Wirksamkeit nach, wenn die Oberfläche der Gläser und die Strukturen zwischen den äußeren Drahtnetzen verschmutzt ist.

Der Wirkungsgrad dieser tradierten Technik in Bezug auf luftechnische Anwendungen erschien ganz allgemein verbesserungsfähig, wenn der physikalische Wirkungsmechanismus betrachtet wird.

Die Funktion der dielektrisch behinderten elektrischen Entladung lässt sich wie folgt erklären:
Zwischen den an eine hohe Wechselspannung (z.B. 5KV, 30khz) angeschlossenen Elektroden befindet sich ein Dielektrikum, zumeist aus Glas.

Die allgemeine Funktion der beiden dielektrischen Barrieren besteht darin, die Bewegung der Elektronen zur Elektrode zu behindern und schließlich zu unterbrechen.

Die Elektronen werden nämlich in ihrer Bewegung zur Anode durch das Dielektrikum nicht nur aufgehalten, sondern aufgestaut, wodurch sich ein Gegenfeld zu dem den Elektronenstrom treibenden äußeren Feld aufbaut, das seinerseits solange anwächst, bis sich das äußere Feld und das Gegenfeld gerade kompensieren und der Elektronenstrom folglich zum Erliegen kommt. (Spiegelladung)

Die Schalteigenschaften der Barriere bestimmen sich aus den geometrischen Gegebenheiten des resultierenden Kondensators sowie aus den Materialeigenschaften des Dielektrikums.

Durch geeignete Wahl der entsprechenden Parameter lassen sich extrem schnelle, vor allem aber auch zuverlässige Entladungsunterbrechungen realisieren.

Diese sind in den dielektrisch behinderten Entladungen von essentieller Bedeutung.

Sie tragen wesentlich dazu bei, daß sich das Entladungsplasma nicht sprunghaft in Richtung thermisches Gleichgewicht entwickelt.

Das Gegenteil soll nämlich erreicht werden:

Bedingung ist, daß sich die Dielektrizitätskonstanten der Schichten unterscheiden, um den Effekt der sogenannten Spiegelladung ausbilden zu können.
Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird nachstehend aber nur von einer einzigen zusätzlichen dielektrischen Barriere gesprochen.

Die erfindungsgemäße Methode der doppelten dielektrischen Barriere

- a) z.B. Trägermaterial aus z.B. Keramik, Glas oder Polyamid als erstes Dielektrum
- b) darauf aufgetragene bandförmige zweite, dünne dielektrische Schicht aus z.B. Glas, Keramik, Metallocid, Polyamid, Thermoplasten, Duroplasten,

arbeitet nach folgender physikalischer Gesetzmäßigkeit:

Wird eine hohe elektrische Wechselspannung angelegt, kann sich das elektrische Feld - von der dünnen Glasschicht fast unbehindert - zwischen den Elektroden aufbauen.

Wenn sich die Feldstärke der Zündspannung nähert, verhindert die schnell anwachsende Spiegelladung zwischen den Elektroden aufgrund der doppelten dielektrischen Barriere eine direkte, ständige Entladung durch die Dielektrika hindurch.

Ein Ionenkanal in der Luft (Dielektrizitätskonstante von Luft ist 1) an der Oberfläche der dünnen Glasbarriere entlang kann dagegen leicht gezündet werden, wodurch die auf der Oberfläche der Glasbarriere gut zu beobachtenden zahlreichen Einzelfilamente erklärt werden.

Die mit ca. 2mm relativ langen Filamente verlaufen durch die Luft, ausgehend von der oberen, mittensymmetrischen Bandelektrode (3) auf der Oberfläche der Glasschicht (2) hin zum äußeren Rand. Die Spiegelladung im Glasdielektrikum verhindert ein direktes Durchschlagen, während die relativ schlechten Dielektrizitätswerte in der Luft die Entladung über die Luftstrecke, unmittelbar an der Oberfläche der Glasschicht, möglich machen.

Wichtig für die Funktion als Ozon - und Ionengenerator ist die vorteilhaft große Fläche, die durch Filamente bedeckt werden und direkt der Umgebungsluft ausgesetzt werden.

Darum ist erfindungsgemäß ein Aufbau bevorzugt, welcher schematisch in Fig. 4 dargestellt ist.

Fig. 4 zeigt die obere Fläche des erfindungsgemäßen Bauelementes.

Auf das ca. 0.7mm dünne Keramiksubstrat (1) ist eine mäanderförmige Beschichtung aus einem weiteren ca. = 0.1 - 0.2mm dünnem Dielektrikum (2) aufgebracht.

Auf diesem Dielektrikum befindet sich mittensymmetrisch eine elektrisch leitende Kontaktierung, welche eine ca. 1mm breite Fingerstruktur aufweist, welche in den ca. 5-6mm breiten Mäandern des zweiten Dielektrikums mittensymmetrisch eingepaßt ist.

Auf der Unterseite und in Fig. 4 nicht gezeigt, befindet sich eine flächige Gegenelektrode.

Diese Gegenelektrode kann die untere Fläche voll ausfüllen oder aber ebenfalls Mäander bilden, welche aber eine größere Breite haben müssen als die durch das zweite Dielektrum gebildeten Mäander.

Bevorzugt wird diese Gegenelektrode aus einer dünnen Metallschicht bestehen; welche aufgedampft wird oder galvanisch aufgebracht ist..

Um die elektrischen Kapazitäten zwischen der unteren und der oberen Elektrode so klein wie möglich zu halten, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, die untere Elektrode als Netz- bzw. Gitterstruktur auszubilden. Die Gitterstruktur erlaubt den nahezu unbehinderten Aufbau eines elektrischen Feldes.

Allerdings wird die elektrische Kapazität um etwa den Faktor 5 herabgesetzt..

Wird eine hohe elektrische Wechselspannung von z.B. 5KV bei ca. 30khz an die obere und die untere Elektrode angeschlossen (4), kommt es zu einer fortlaufenden elektrischen Entladung des sich bildenden elektrischen Feldes, wobei die Entladungskanäle (5) sich in der Luft auf der Oberfläche des Zwischendielektrikums (2) von der oberen Bandelektrode weg hin zu deren Rand bewegen.

Die sich stets neu aufbauenden Entladungskanäle (Filamente) befinden sich in einem Abstand zueinander von ca. 0.1mm, sodaß sich bei Betrachtung in der Dunkelkammer ein quasi geschlossenenes Leuchtbild zeigt, welches ausgehend von der mittensymmetrisch angeordneten Bandelektrode die Oberfläche der Mäander des bandförmigen Zwischendielektrikums (2) bedeckt.

07.07.90

Ansprüche:

1. Anspruch

Flache Baugruppe zur Erzeugung eines kalten Plasmas zur Herstellung von Ozon und ionisierter Luft nach dem Prinzip der dielektrisch behinderten Entladung, dadurch gekennzeichnet, daß

1. die Baugruppe auf einem flachen, elektrisch isolierenden Träger aufgebaut ist, dessen Material eine Dielektrizitätskonstante von > 50 aufweist
2. auf der Rückseite des dielektrischen Trägers eine großflächige Elektrode aufgebracht ist,
3. auf der Vorderseite des dielektrischen Trägermaterials eine oder mehrere Schichten einer bandförmigen, dünnen Strukturen aus mindestens einem weiteren dielektrischen Material aufgebracht sind,
4. wobei außen und in der geometrischen Mitte dieses bandförmigen mindestens zweiten Dielektrikums eine bandförmige, obere Elektrode aus elektrisch leitfähigem Material aufgebracht ist,
5. die vordere und rückseitige Elektrode elektrisch kontaktiert werden können.

2. Anspruch

Flache Baugruppe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die rückseitige, flächige Elektrode als Gitter bzw. Netzstruktur ausgebildet ist und daß die obere, bandförmige Elektrode ebenfalls als elektrisch leitende Gitter- bzw. Netzstruktur ausgebildet ist mit der Maßgabe, daß die umlaufende Kante als durchgehende, elektrisch leitfähige Linie einen definierten Abschluß bildet.

3. Anspruch

Flache Baugruppe nach Anspruch 1. und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die oberen Elektroden als Fingerstruktur ausgebildet sind, wobei die Einspeisung der elektrischen Spannung über einen elektrischen Widerstand erfolgt, welcher sich am Einspeisepunkt des jeweiligen Fingers befindet.

4. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Trägers eine Dielektrizitätskonstante von > 50 und daß das Material des zweiten Dielektrikums eine niedrigere Dielektrizitätskonstante hat und daß die Materialien der weiteren dielektrischen dünnen Schichten jeweils abgestuft niedrigere Dielektrizitätskonstanten haben.

5. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das das Material des Trägers aus Glas besteht.

6. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das der Träger aus einem keramischen Material (Al_2O_3) besteht.

7. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das der Träger aus einem einem organischen Kunststoff, etwa Polyamid, besteht.

07-07-95

10

Figuren (1-4)

Fig. 1

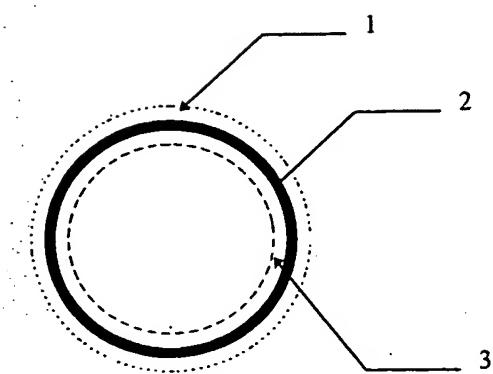


Fig. 2

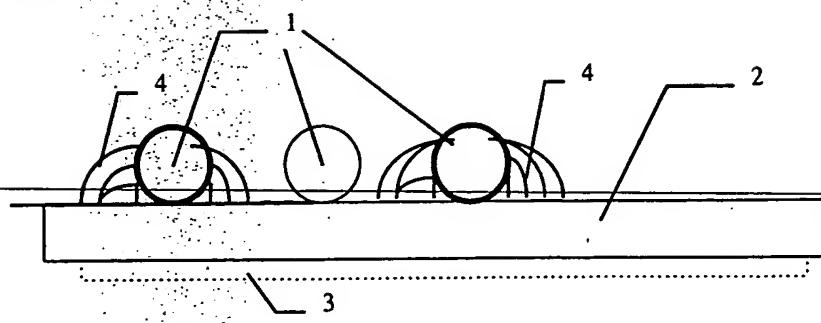


Fig. 3

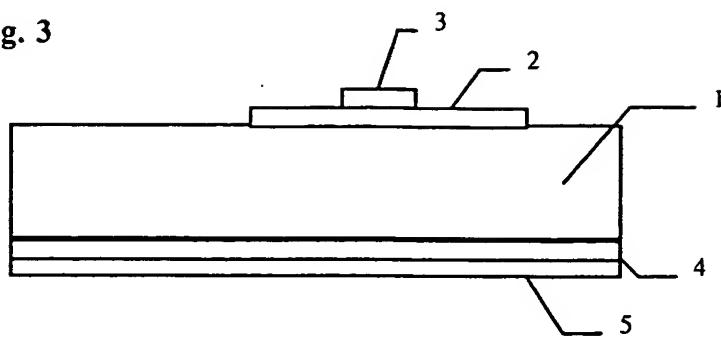
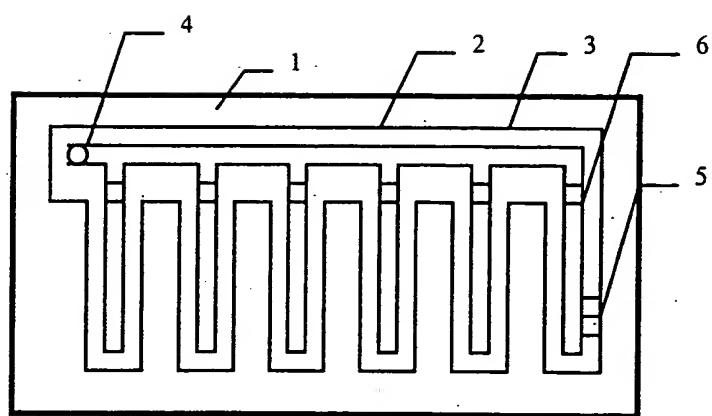


Fig. 4.



8. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß daß das Zwischendielektrikums aus einem keramischen Material (Al_2O_3) besteht.

9. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der Zwischendielelektrika aus Glas besteht.

10. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eines oder mehrere der Zwischendielelektrika aus einem oxidischem Material besteht.

11. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eines oder mehrere der Zwischendielelektrika aus Silizium, Polysilizium, oder amorphem Silizium besteht.

12. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eines oder mehrere der Zwischendielelektrika aus Folien aus organischen Kunststoffen, etwa Polyamid, Thermoplasten, Duroplasten, Acrylaten, Polymeren oder anderen elektrisch isolierenden Materialien mit geeigneten Dielektrizitätskonstanten besteht.

13. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die auf dem Zwischendielektrikums mittensymmetrisch angeordnete obere bandförmige Elektrode aus metallischem Material besteht.

14. Anspruch

Flache Baugruppe nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die auf dem Zwischendielektrikums angeordnete obere bandförmige Elektrode aus halbleitendem Material besteht.

15. Anspruch

Flache Baugruppe nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die auf dem Zwischendielektrikum angeordnete obere bandförmige Elektrode aus einem der folgenden Materialien besteht:

- Graphit, Kohle
- halbleitende, dotierte Metalloxide wie Zinkoxid, Zinndioxid, Wolframtrioxid, Eisenoxid,
- elektrisch leitfähige Metalllegierungen mit niedrigeren Elektrodenaustrittsarbeiten, wie Barriumtitannat, Barrium-Zirkonium-Titanat, Barrium-Gallium-Titanat

Bei diesem Aufbau kann das Problem entstehen, daß durch geometrische Toleranzen die Stromdichte in den Filamenten nicht gleich ist. Die relativ hohen Ströme in den Bereichen, in welchen die Luftstrecke der Entladung am kleinsten ist, belasten die Spannungsversorgung und können zu einer Verringerung der Speisespannung führen.

Das kann zur Folge haben, daß in den Bereichen, in welchen die Luftstrecke am längsten ist, die Entladungen nicht mehr möglich sind.

Aus diesem Grunde wird erfundungsgemäß vorgeschlagen, die Einspeisung der Spannung in die Fingerstruktur über hochohmige Widerstände (6) zu leiten. Käme es in einem Zweig zu einer ungewöhnlich hohen Aktivität der Filamente, bräche die Spannung in diesem Zweig über dem Speisewiderstand zusammen.

Ergebnismäßig wird durch die Widerstands-Einkopplung eine Vergleichsmäßigung der Entladungstätigkeit erreicht.

Aus den gleichen Gründen wird vorgeschlagen, daß das Material der oberen Elektrode aus einem Material herabgesetzter Leitfähigkeit besteht. (Kohle, Graphit, halbleitende Metallocide,). Um den angestrebten Effekt zu erhöhen, wird erfundungsgemäß weiter vorgeschlagen, für die Bandelektrode ein Material zu wählen mit möglichst beweglichen Elektronen, um die Austrittsarbeit der Elektroden zu unterstützen. (z.B. Bariumtitanat, Barrium-Zirconium - Titanat, Barrium-Gallium-Titanat, und ähnliche Verbindungen) Der auch diesem Material eigentümliche erhöhte elektrische Widerstand führt ebenfalls zu einer natürlichen Begrenzung der Ströme in den einzelnen Fingern der Kammstruktur mit dem Ergebnis einer Vergleichsmäßigung über der Fläche.

Um eine möglichst große Fläche mit Filamenten zu bedecken, wird weiter erfundungsgemäß vorgeschlagen, daß jeweils zwei der vorstehend beschriebenen Flachbaugruppen so zueinander angeordnet sind, daß die beiden rückwärtigen Elektroden sich zwischen den beiden dielektrischen Trägern befinden und daß die Bandelektroden jeweils auf der Außenseite sind.

Damit wird erreicht, daß ein einziges, kompaktes und flaches Bauteil auf beiden Seiten eine möglichst hohe aktive Fläche aufweist.

Es ist für die Funktion der erfundungsgemäßen Anordnung unerheblich, ob die innere Elektrode sich auf jeder Substratschicht befindet und diese Substratschichten aneinandergeklebt oder gekittet werden, oder ob sich nur eine einzige Elektrode im Inneren einer sogenannten Sandwich-Struktur befindet. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung ist, daß die von außen berührbaren Elektroden elektrisch geerdet werden können („auf Masse zu legen“), sodaß nur die inneren, elektrisch isolierten Elektroden gegenüber dem Null-Potential (Erde/Masse) Spannung führen, was sowohl leichter zu handhaben ist als auch elektrisch sicherer ist.

Wird ein flexibles dielektrisches Trägermaterial, z.B. ein Polyamid (welches glasfaserverstärkt sein kann) eingesetzt, kann eine bandförmige Baugruppe ausgeformt werden, welche in geeigneter Form gefaltet oder aufgerollt werden kann, sodaß eine sehr große aktive Fläche entsteht, an der die Luft sehr eng vorbeigeführt werden kann.

Die geometrische Anordnung der Elektroden kann in weiten Bereichen frei ausgeformt werden. Z.B. kann die Elektrodenstruktur beliebig auf Träger angeordnet sein.

Gemeinsam ist allen Ausführungsformen jedoch, daß sich auf einem Träger aus geeignetem dielektrischem Material eine rückwärtige Gegenelektrode befindet und auf der der Luft ausgesetzten Seite sich bandförmige Strukturen mit dünnen Schichten eines oder mehrerer aufeinanderliegenden Zwischendielelektrika befinden, in deren geometrischer Mitte sich als Elektroden elektrisch leitende, bandförmige Strukturen befinden.

Es sollen möglichst viele schnelle Elektronen erzeugt werden, die ihre kinetische Energie durch inelastische Stöße gezielt auf die atomaren Zustände übertragen, die am effektivsten zur gewünschten Plasma - und Ozonerzeugung beitragen, wobei der Energietransfer durch Elektronenstöße in Verlustkanälen so gering wie möglich gehalten werden soll.

Das resultierende Erscheinungsbild der Entladungen bei für Anwendungsfälle relevanten Leistungsdichten ist geprägt durch das Entstehen von Einzelentladungen, den sogenannten Filamenten.

Diese Filamente treten kurzzeitig und in großer Anzahl auf.

Sie sind normalerweise über die gesamte Elektrodenfläche verteilt und besitzen sowohl lokal als auch zeitlich einen stochastischen Charakter.

Physikalisch läßt sich das Phänomen so beschreiben:

Mit zunehmender äußerer Spannung liegen irgendwo im Entladungsbereich zu nicht vorhersehbaren Zeitpunkten Bedingungen vor, die zu lokal begrenzten Entladungen führen.

Durch die dielektrische Behinderung der Elektroden verlöschen diese Entladungen kurz nach ihrem Entstehen aufgrund der lokalen Gegenfelder (Spiegelladungen).

Weitere, nachfolgende Einzelentladungen entstehen und verlöschen nach dem gleichen Prinzip.

Betrachtet man die an äußeren Drahtgittern sich befindenden Filamente, fällt auf, daß diese entsprechend Fig. 2 relativ klein sind:

Das Dielektrikum (2) ist von der rückwärtigen Elektrode (3) und der äußeren, als Drahtgitter (1) ausgebildeten Elektrode eingeschlossen.

Bei der Entladung lassen sich die leuchtenden Filamente (4) in direkter Umgebung der Drähte beobachten, die dem Dielektrikum zustreben. Die Länge der Filamente ist nur wenige 1/10-mm lang.

Der Nachteil der mit Drahtnetzen arbeitenden tradierten Technik ist ferner, daß die Drähte mit einem Mindestabstand (die Maschenweite) zueinander angeordnet werden müssen.

Werden die Maschen zu klein, behindern sich die Ladungen gegenseitig, und überdies können Ozon und Sauerstoffionen nicht frei in die Umgebungsluft abtransportiert werden.

Ideal wäre eine Struktur, welche praktisch flächig Filamente hervorbringen würde, welche dann in direktem Kontakt mit der Umgebungsluft stehen würden.

Wünschenswert wäre dabei weiter, daß das elektrische Wechselfeld in den Raum hinein ragen würde. Dies, weil bekannt ist, daß in einem schnellen elektrischen Wechselfeld insbesondere polare Moleküle dissossiiert werden.

Die vorliegende Erfindung beschreibt den Aufbau einer derartige Struktur, und deren physikalischen Wirkungsmechanismus.

Die Erfindung nutzt die Tatsache, daß unterschiedliche Materialien unterschiedliche Dielektrizitätskonstanten, bzw. Dielektrizitätsbeiwerte haben.

Wenn diese Materialien als flache, geschichtete Struktur eingesetzt werden, sind neue, bisher nicht beobachtete Effekte möglich.

Ein Beispielhafter Aufbau der erfundungsgemäß neuartigen Struktur ist in Fig.3 gezeigt:

Trägermaterial ist hier ein Dielektrikum aus z.B. Keramik (1), welches ca. 0,7mm dick ist.

Keramik hat eine sehr gute Dielektrizitätskonstante von z.B. > 50...100

Auf der Unterseite ist eine flächige Elektrode (4) aus z.B. Platin aufgedampft, welche nach außen hin ggf. durch eine sehr dünne Glasschicht (5) isoliert und passiviert ist.

Auf der Oberseite ist ebenfalls eine ca. 0,1mm dünne bandförmige Schicht aus einem weiteren Dielektrikum (2) z.B. Glas, Polysilizium, amorphem Silizium oder aus Metalloxiden, z.B. Zinkoxid, aufgebracht, welche einige Millimeter breiter ist als eine auf dieser zweiten Schicht mittensymmetrisch aufgebrachte ca. 1mm breite, bandförmige Elektrode (3) aus einer elektrisch leitfähigen Substanz, z.B. aus Metall.

Die zweite dielektrische Schicht hat eine Dielektrizitätskonstante von etwa 5-30.

(In Folge wird vereinfachend auch von einer „Glasschicht“ gesprochen)

Um den Wirkungsgrad der Anordnung zu erhöhen, können erfundungsgemäß eine oder mehrere sehr dünne dielektrische Schichten auf dieser zweiten dielektrischen Schicht aufgetragen werden, wobei

Patentanmeldung

1999



Anmelder:

T.E.M. GmbH
Kirchenweg 15
63840 Hausen

Erfinder:

- a) Hanns Rump
Kirchenweg 15
63840 Hausen / Bay.
- b) Dr. Olaf Kiesewetter
Neue Sorge 32a
Geschwenda / Thüringen

Titel der Erfindung:

„Flache Baugruppe zur elektrischen Erzeugung eines Plasmas in Luft.“

Zusammenfassung / Abstract

Flache Baugruppe zur Herstellung eines der Luft ausgesetzten elektrischen Plasmas zum Zwecke der Vernichtung von Gerüchen, Bakterien und Keimen, sowie zur Herstellung ionisierter Luft und von Ozon. Die Baugruppe besteht bevorzugt aus einem dielektrischen Träger und mindestens einer weiteren dünnen dielektrischen Schicht aus z.B. amorphem Silizium oder aus Glas. Auf den Oberflächen beider Seiten sind jeweils Elektroden geeigneter Geometrie aus leitfähigem Material aufgebracht, zwischen denen sich die dielektrischen Schichten befinden.

